

# Integration von Hochleistungsrechnern im PLM-Umfeld

## Bericht zur Studie 2007

# Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. R. Anderl, Orkun Yaman, M.Sc.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT





**Studie:**

**Integration von Hochleistungsrechnern im  
PLM-Umfeld**

Prof. Dr. –Ing. Reiner Anderl  
Orkun Yaman, M.Sc.

DiK TU Darmstadt

---



## Vorwort

Berechnung, Simulation und Optimierung gewinnen im Produktentstehungsprozess immer mehr an Bedeutung. Deshalb müssen die Methoden und Werkzeuge zur Berechnung, Simulation und Optimierung noch effektiver mit Methoden und Werkzeugen zur Produktmodellierung integriert und auch intensiver in den Workflow des Produktentstehungsprozesses eingebunden werden.

Mit dem Ziel eines durchgängigen digitalen Informationsflusses der Prozesskette CAD-CAE (Computer Aided Design – Computer Aided Engineering) konzentrieren sich wissenschaftliche und industrielle Forschungsaktivitäten auf die Integration der grundlegenden Berechnungs-, Simulations- und Optimierungsmodelle in das integrierte Produktmodell. Gleichzeitig erfordern die komplexer und umfassender werdenden Aufgaben der Berechnung, Simulation und Optimierung den Einsatz von Hochleistungsrechnern, die gerade im Unternehmensumfeld einen immer höheren Stellenwert einnehmen. Demzufolge wird die unternehmensübergreifende Koordination und Synchronisation von Datenmodellen und Prozessen des Hochleistungsrechnereinsatzes im Produktentstehungsprozess immer wichtiger.

Die vorliegende Studie "Integration von Hochleistungsrechnern im PLM-Umfeld" stellt das Ergebnis einer Untersuchung über den Stand des Einsatzes von Hochleistungsrechnern in Berechnungs-, Simulations- und Optimierungsprozessen aus einer informationstechnischen Sicht dar. Sie zeigt, wie unterschiedlich Hochleistungsrechnen eingesetzt wird und dass die Einbindung des Hochleistungsrechnens in den Workflow des Produktentstehungsprozesses von essentieller Bedeutung ist.

Mein besonderer Dank gilt allen Unternehmen, die an dieser Studie teilgenommen haben. Sie haben durch ihre Bereitschaft und Unterstützung einen wesentlichen Beitrag zum Ergebnis dieser Studie geleistet.

Im Dezember 2007



Prof. Dr. –Ing. Reiner Anderl



## Zusammenfassung

Hochleistungsrechnen [eng.: High Performance Computing (HPC)] hat sich für die Simulationen in industriellen Anwendungsfällen zu einem allgegenwärtigen Werkzeug etabliert. Eine Untersuchung, die sich auf die deutsche Automobilindustrie und deren Zulieferer und Dienstleister bezieht, wurde durchgeführt, um die Anforderungen an die informationstechnische Integration von HPC-relevanten Daten und Prozessen in den Produktentstehungsprozess zu ermitteln.

Die vorliegende Arbeit berichtet über die Ergebnisse der Studie und beschreibt den Stand des Hochleistungsrechnereinsatzes in der CAE-Domäne. Sie schlägt ein Architekturkonzept vor, um die Daten und Prozesse, verbunden mit den Berechnungen und Simulationen auf Hochleistungsrechnern, im PLM-Umfeld zu integrieren.

Im Folgenden wird im ersten Teil die für das ganzheitliche Verständnis erforderliche grundlegende Theorie des Informationsmanagements bezüglich der genannten Thematik erläutert. Der zweite Teil stellt die Ergebnisse der Studie "Integration der Hochleistungsrechner im PLM-Umfeld" vor. Die Ergebnisse zeigen, dass die Durchdringung des HPC im industriellen Umfeld gestiegen ist und mittlerweile einen verbreiteten disziplinübergreifenden Einsatz der CAE-Anwendungen ermöglicht. Parallel dazu steigt ebenso das Optimierungspotential, das durch die gezielte Umsetzung von informationstechnischen Methoden ausgeschöpft werden kann.

Hinsichtlich der Systemintegrität laufen die HPC-Prozesse gegenwärtig abgekoppelt von Produktlebenszyklusmanagement-Systemen. Intensive Forschungsaktivitäten werden derzeit im Bereich des CAE-Datenmanagements beobachtet. Jedoch fehlt ein Ansatz zur systematischen Verwaltung von HPC. Die vorliegende Studie hebt die Bedeutung eines Integrations- und Datenmanagementansatzes für die HPC-Anwendungen hervor und schlägt für die Einbindung des HPC-Datenmanagements in die bestehende PLM-Umgebung ein Architekturkonzept vor. Anforderungen an die Schlüsselfunktionen und die Schnittstellen werden festgelegt sowie Abgrenzungen für ein Referenzmodell vorgenommen.





## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	5
Inhaltsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Abbildungsverzeichnis	9
1 Ausgangssituation und Stand der Technik	11
1.1 Ausgangssituation	11
1.2 Stand der Technik	12
1.2.1 Produktlebenszyklus	13
1.2.2 Produktdatentechnologie	14
1.2.3 Prozesskettenansatz	14
1.2.4 CAx Prozessketten	15
1.2.5 Produktdatenmanagement	15
1.2.6 Simulationsdatenmanagement	16
1.2.7 PLM-Relevanz von Hochleistungsrechnern	16
2 Aufbau der Studie	18
2.1 Motivation und Ziele der Studie	19
2.2 Konzeption der Studie	19
2.3 Durchführung der Interviews	20
3 Ergebnisse	21
3.1 Verbreitung von Hochleistungsrechnern in der Industrie	21
3.2 Abteilungsstruktur vs. IT-Infrastrukturen	22
3.3 Datenmanagement in HPC	23
3.4 Workflows des HPC	24
3.5 Kontext-abhängige Wissensverwaltung	25
3.6 Anforderungen der Anwender	25
4 Architekturvorschlag	27
5 Anwendungsszenario	31
6 Ergebnisse im Überblick & Handlungsfelder	33
7 Zusammenfassung	34
Literatur	35
Anhang: Fragebogen	37

---

## Abkürzungsverzeichnis

CAE

Computer Aided EGINEERING

CAX

Sammelbegriff für die rechnerunterstützte Systeme

CFD

Computational Fluid Dynamics

ERM

Enterprise Ressource Management

FEM

Finite Elemente Methode

HPC

High Performance Computing

MKS

Mehrkörpersystem

NVH

Noise Vibration Harshness

PDM

Produktdatenmanagement

PLM

Produktlebenszyklus- Management

SDM

Simulationsdatenmanagement

SOA

Services Oriented Architecture

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1-1: KONZEPTE DER VIRTUELLEN PRODUKTENTSTEHUNG .....	13
ABBILDUNG 1-2: PRODUKTLEBENSZYKLUS AUS INFORMATIONSTECHNISCHER SICHT .....	14
ABBILDUNG 1-3: CAX PROZESSKETTEN.....	15
ABBILDUNG 2-1: TEILNEHMER DER STUDIE .....	18
ABBILDUNG 3-1: VERTEILUNG VON DOMÄNEN NACH IHRER HPC-RELEVANZ .....	21
ABBILDUNG 3-2: BEZIEHUNG DER HPC-INFRASTRUKTUR MIT DER ORGANISATIONSSTRUKTUR .....	23
ABBILDUNG 4-1: VEREINFACHTER CAE-PROZESSABLAUF.....	27
ABBILDUNG 4-2: HPC-BRÜCKE .....	28
ABBILDUNG 4-3: MEDIENBRUCH IM CAE WORKFLOW (A) GEKOPPELTE SOFTWAREUMGEBUNG, (B) ANWENDUNG EINES SDM ..	29
ABBILDUNG 4-4: ANWENDUNGSARCHITEKTUR.....	30
ABBILDUNG 5-1: ZUSAMMENARBEIT DER HPC-BRÜCKE MIT IN EINER SDM-UMGEBUNG .....	32



# 1 Ausgangssituation und Stand der Technik

## 1.1 Ausgangssituation

Die integrierte Verwaltung der insbesondere während der Produktkonstruktion anfallenden Daten und laufenden Prozesse erfolgt immer verbreiteter durch die Produktdatenmanagementsysteme (PDM), die mittlerweile als fester Bestandteil der IT-Landschaft der Unternehmen gelten. Im Verlauf des Produktentstehungsprozesses kommen jedoch domänenübergreifend diverse Berechnungstools zum Einsatz, deren Interoperabilität mit PDM-Systemen noch nicht gewährleistet ist. Derzeit laufen Forschungsaktivitäten zur Integration der Berechnungsdomäne in bestehende PDM-Systeme. Die Motivation liegt hierbei insbesondere in der steigenden Menge und Komplexität der in der CAE-Domäne verwalteten Daten.

Der Schwerpunkt heutiger Anstrengungen zur Integration der Simulationsdaten und -prozesse liegt überwiegend auf Domänen, die auf einer Diskretisierung des Berechnungsraums beruhen, wie FEM, CFD oder Multi-Physische Berechnungen. Die aufwändigen Berechnungen dieser diskreten Probleme werden immer mehr an Hochleistungsrechnern (engl.: High Performance Computing, HPC) durchgeführt. Ziel ist eine Performanzsteigerung und dadurch Reduzierung der Berechnungszeiten (Geiger, 2000).

Die Komplexität und Heterogenität der HPC-Systeme und Netzwerkarchitekturen, die asynchronen und komplizierten Interaktionen zwischen Systemen und Komponenten jeweiliger Anwendungen stellen variierende Anforderungen an die Nutzer. Zur Entwicklung von effizienten Anwendungen für die bestmögliche Effizienz wird das Verständnis der HPC-Architektur ebenso wie das der Anwendungssoftware gefordert. Der Nutzer ist mit systemspezifischen Aspekten, wie Hardwarekonfiguration und Synchronisationsstrategien ebenso konfrontiert wie mit Softwareproblemen des HPC und der Berechnungsumgebung. Problempartitionierung, Zeitplanung, Loadbalancing sowie effektive Speicherverwaltung sind zeitaufwändige Arbeitsgänge der Berechnungsabteilungen, die bezüglich der Simulationsdaten in der Regel ohnehin als Abteilungsinsel von der zentralen Verwaltung von Produkt- und Prozessinformationen abgekoppelt arbeiten.

### Def.: HPC

*High Performance Computing definiert den Einsatz von Hochleistungsrechnern zur Lösung komplexer und umfangreicher Rechenaufgaben, für die eine Berechnung auf Einzelplatzrechnern nicht möglich oder zeitlich nicht machbar ist. Unter Hochleistungsrechner versteht man in der Technik vor allem eine Rechnerarchitektur, die auf parallele und/oder verteilte Ausführung von Programmen ausgerichtet ist (Dowd, et al., 1998).*

Neue Gebiete für den Einsatz des HPC entstehen zum Beispiel aufgrund der neuen Ansätze der virtuellen Produktentwicklung, wie die leistungsfordernden Funktionalitäten der virtuellen Realität, die Echtzeit-Visualisierung der Simulationen, der Simulationen multi-physischer Vorgänge oder in der Fabriksimulation von Werkstücken bis hin zur virtuellen Fabrik. Alle diese Bereiche haben einen starken Bezug auf den PLM-Ansatz. Darüber hinaus kommen weitere Methoden und Werkzeuge, wie multi-disziplinäre, multi-physische Berechnungen oder domänenübergreifende Optimierung hinzu, für die gegenwärtig noch keine Integrationsansätze existieren.

Für die Zielsetzung, ein in PLM integriertes CAE-Datenmanagement zu realisieren, ist die Daten- und Prozessintegration des HPC in den Produktentstehungsprozess unerlässlich. Diese Statement gilt auch für bereits bestehende und sich neu ergebende Anwendungsgebiete des HPC. Das Fachgebiet DiK sieht die Verwaltung von HPC-relevanten Berechnungsinformationen, -prozessen und -projekten in heterogenen und verteilten Umgebungen als ein informationsintensives Problem an, das den Einsatz von Informationsmanagementtools erfordert. Die vorliegende Studie entstand mit der Vision, einen in PLM (Definition s. 1.2.1) integrierten Ansatz für das HPC zu entwickeln.

#### **Def.: VPE**

*Virtuelle Produktentstehung definiert die durchgehend rechnergestützte Produktentwicklung und Produktionsplanung unter Verwendung von digitalen Modellen.*

## **1.2 Stand der Technik**

Die Produktentstehung hat sich traditionell auf einen dokumentenbezogenen Ablauf der Aktivitäten ausgerichtet. Mit der steigenden Leistungsfähigkeit der Informations- und Kommunikationssysteme findet die Anwendung von digitalen Modellen im Produktentstehungsprozess einen durchgängigen Einsatz. Dies führt zur Produktentwicklung und zur Produktionsplanung in einer virtuellen Welt. Sie wird auch als „virtuelle Produktentstehung (VPE)“ bezeichnet, s. Abbildung 1-1.

In der virtuellen Welt existiert das Produkt in Form von diversen digitalen Modellen, deren Gesamtheit und Zusammenspiel als „Virtuelles Produkt“ genannt wird. Allen Modellen der digitalen Welt gemeinsam ist dabei die Zielsetzung der Integration in den Produktlebenszyklus. Im Folgenden wird der begriffliche Rahmen der Studie im Umfeld des Produktlebenszyklus eingeführt (Anderl, 2007).

#### **Def.: Virtuelles Produkt**

*Ein „Virtuelles Produkt“ fasst mehrere physikalische Eigenschaften eines Produktes zusammen und vereinigt sie interoperabel in einem integrierten Produktdatenmodell. Auf dieser Grundlage lässt sich das gesamte Produktverhalten simulieren.*

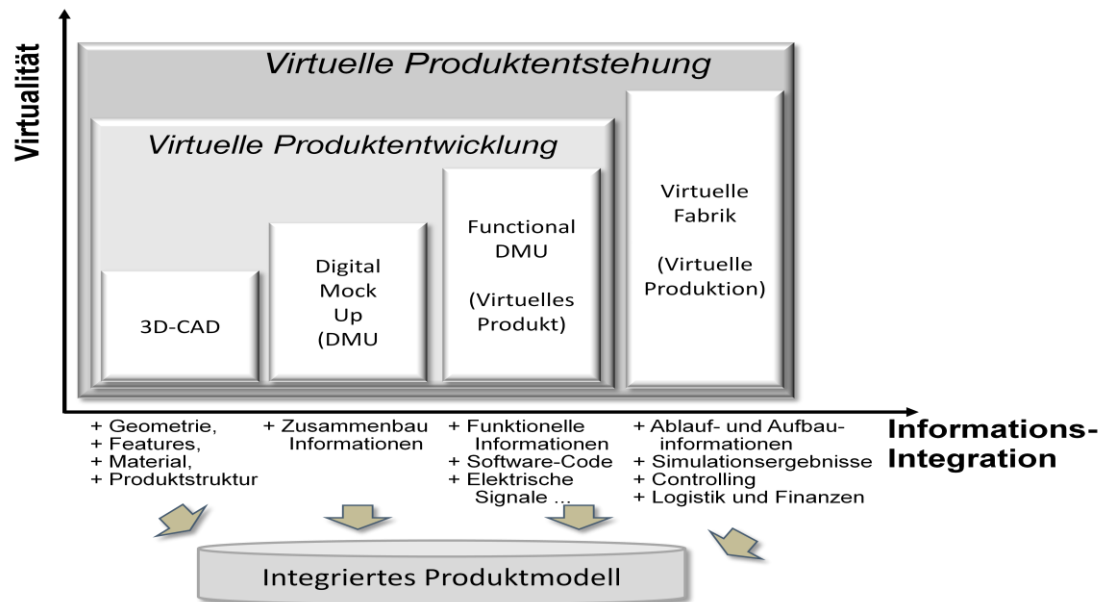


Abbildung 1-1: Konzepte der virtuellen Produktentstehung

### 1.2.1 Produktlebenszyklus

Ein Produkt durchläuft während seiner Lebenszeit Aktivitäten von der Planung bis zur Entsorgung bzw. zum Recycling. Diese Aktivitäten werden in Phasen zusammengefasst, für die einzelne Aufgaben und Prozesse definiert sind. In diesem Zusammenhang definiert das **Produktlebenszyklus-Management (PLM)** ein theoretisches und abstrahierendes Konzept zur Betrachtung von Produkten (Anderl, 2007), (Stark, 2005), (Grieves, 2006).

Die Betrachtung erfolgt im Wesentlichen aus drei Sichtweisen, aus betriebswirtschaftlicher Sicht, aus ökologischer Sicht und aus informationstechnischer Sicht. Für die betriebswirtschaftliche Sicht stellt der Produktlebenszyklus eine Methode zur Planung und Steuerung von Produkten in einem marktwirtschaftlichen Zusammenhang dar. Die ökologische Sicht befasst sich mit der wechselseitigen Beziehung zwischen dem Materialfluss und Informationsfluss über den Produktlebenslauf hinweg (Anderl, 2007). Der Begriff Produktlebenszyklus wird in dieser Studie aus informationstechnischer Sicht verwendet. Die informationstechnische Sicht beschreibt einen Kreislauf, in dem aufeinander folgende Produktlebensphasen definiert sind, s. Abbildung 1-2. Das Ziel der informationstechnischen Sicht ist es, Informationen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus über das Produkt zu gewinnen.

#### Def.: PLM

*Produktlebenszyklus-Management ist eine integrierte, informations-gesteuerte Sichtweise auf allen Aspekten des Lebenszyklus eines Produktes von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zum Vertrieb, zur Nutzung und seiner Entsorgung. Eine PLM-Software ermöglicht den Zugriff auf die Produktinformationen, sowie deren Aktualisierung und Verarbeitung in verteilten und fragmentierten Informationsinseln (Grieves, 2006).*

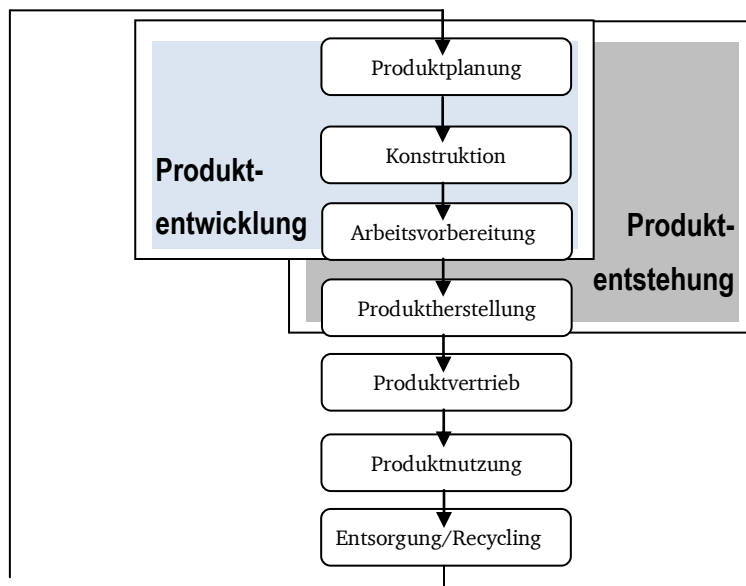


Abbildung 1-2: Produktlebenszyklus aus informationstechnischer Sicht

### 1.2.2 Produktdatentechnologie

In der Produktentstehung fallen große Mengen von Daten an, die immer verbreiteter nach dem Prinzip der VPE in digitalen Modellen erfasst werden. Die **Produktdatentechnologie** stellt die wissenschaftlichen Grundlagen, Methoden und Werkzeuge zur Verarbeitung von Produktdaten (Produktdatenaustausch, Produktdatenspeicherung, Produktdatenarchivierung und Produktdatentransformation) zur Verfügung. Das integrierte Produktdatenmodell bildet in diesem Zusammenhang die Grundlage für die Informationsverarbeitung im Produktentwicklungsprozess (Anderl, 2007).

#### **Def.: Produktdaten-technologie**

*Die Produktdatentechnologie ist die Lehre der wissenschaftlichen Grundlagen der Verarbeitung von Produktdaten, bezogen auf alle Phasen des Produktlebenszyklus (Anderl, 2006).*

### 1.2.3 Prozesskettenansatz

Die strukturierte Abfolge von miteinander verknüpften und aufeinander aufbauenden Aktivitäten im Produktlebenszyklus (vgl. Abbildung 1-2) bildet die so genannten Prozessketten. Unter einer Prozesskette versteht man die formale, hierarchisch strukturierte Zusammenfassung von Informationsverarbeitungsprozessen (Erzeugung, Verarbeitung und Austausch von Information) die einem gemeinsamen Prozessziel dienen (Anderl, 2006).

Die Entwicklung von Prozessmodellen zielt darauf ab, die Abläufe im Produktlebenszyklus zu verstehen, dokumentieren, analysieren und zu verbessern. Weiterhin ermöglicht der Prozesskettenansatz aufgrund der einheitlichen Beschreibung der Prozesse die Wieder- und Weiterverwendung von Produktdaten.



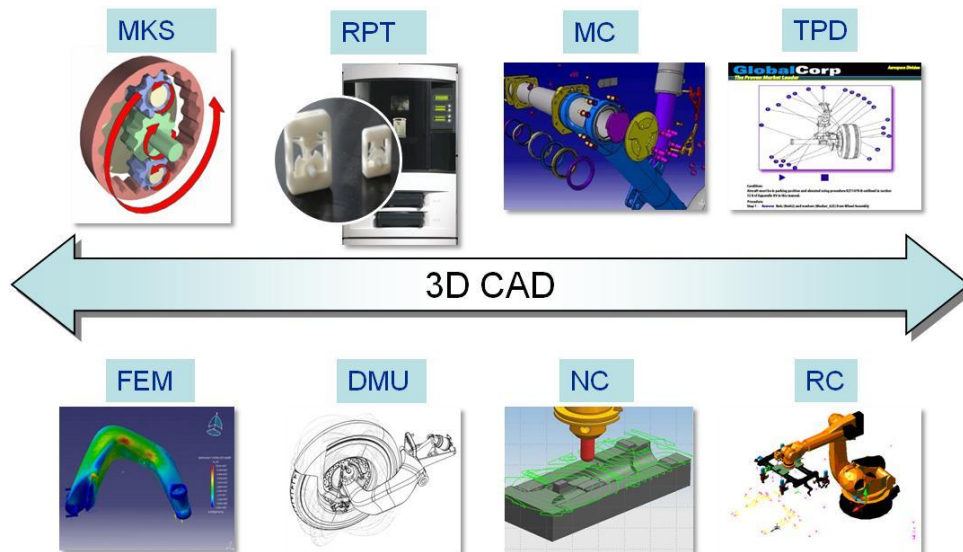


Abbildung 1-3: CAX Prozessketten

#### 1.2.4 CAX Prozessketten

Die Abkürzung „CAX“ steht für alle im Laufe der Produktentstehung eingesetzten rechnerunterstützten Methoden und Werkzeuge. Sie unterstützen i. d. R. die bereichsspezifischen Tätigkeiten. Jedoch kann das Potential der Rechnerunterstützung erst dann ausgeschöpft werden, wenn die durchgängige und konsistente Nutzung der Produktdaten gewährleistet ist. Das ist die Zielsetzung des CAX-Prozessketten-Ansatzes im Sinne des Produktlebenszyklus. Abbildung 1-3 stellt ausgewählte CAX-Techniken aus der Produktentstehung dar.

#### 1.2.5 Produktdatenmanagement

Die Herausforderung des Produktdatenmanagements ist es, die produkt- und prozessrelevanten Informationen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus zentral zu planen, zu steuern und zu verwalten. Das Prinzip ist dabei, die CAX-Informationensinseln zu integrieren und die Produktentstehung mit rechnergestützten Prozessen zu realisieren, indem das Informationsmanagement auf einer einheitlichen Informationsbasis erfolgt. Durch die Funktionalitäten wie Varianten- oder Konfigurationsmanagement kann die Produktvielfalt beherrscht werden. Weiterhin dienen die **PDM**-Systeme als eine Plattform zur virtuellen Integration von Entwicklungspartnern in der verteilten und kooperativen Produktentwicklungsumgebung.

#### Def.: PDM

„PDM steht für Produktdatenmanagement und bezeichnet sowohl die Verwaltung erzeugter Produktdaten von Anwendungssystemen als auch die Unterstützung verschiedener Prozessketten in der Produktentstehung. So sind neben der Verwaltung auch die Speicherung und Verteilung von Daten die Hauptaufgaben von PDM-Systemen. Sie liefern eine übergreifende Struktur, die die lokalen Anwendungsdaten verbindet, gewähren zentralen Zugriff auf sämtliche Produktdaten und ermöglichen eine konsistente Datenhaltung (Anderl, et al., 2007).“

Im Rahmen dieser Studie werden die Daten- und Prozessintegration der HPC-Abläufe in den Produktlebenszyklus vor diesem Hintergrund analysiert.

### 1.2.6 Simulationsdatenmanagement

Die Anwendung von rechnergestützten Berechnungs-, Optimierungs- und Simulationsmethoden hat sich in den letzten Jahren erheblich verändert. Die CAE-gesteuerte Produktverifizierung hat sich zu einem unverzichtbaren Instrument in der Produktentwicklung etabliert (ProSTEP AG, 2005). Neben dem Effizienzgewinn in Form von Zeit und Kosten wurden die Methoden und Werkzeuge immer ausgereifter und benutzerfreundlicher (Curry, 2003). Demzufolge werden die Methoden des CAE von einem breiteren Anwenderkreis für ein breites Spektrum von Aufgaben eingesetzt. Das Ergebnis ist die steigende Menge und Komplexität der Daten und Prozesse, verbunden mit den CAE-Workflows. Dadurch hat die synchrone Verwaltung von CAE-Datenflüssen im Produktlebenszyklus einen hohen Stellenwert eingenommen (Krastel, 2002).

Aus informationstechnischer Sicht ist die wesentliche Herausforderung von heutigen CAE-Systemen in der Produktentstehung die semantische Lücke zwischen den Methoden zur Produktmodellierung und den diversen CAE-Domänen im Produktentstehungsprozess. Zu den interessantesten Forschungsgebieten gehört das Thema der Interoperabilität der Modelle der Konstruktion und Berechnung (Peak, 2003). Dazu wurden jüngst zahlreiche industrielle sowie wissenschaftliche Forschungsaktivitäten initiiert, die auf die Integrität der Berechnungsmodelle mit den Produktmodellen abzielen, u. a. (Krastel, et al., 2004), (Hägele, et al., 2000), (Gruber, et al., 2005), (Schnitger, 2003), (SimDAT), (VIVACE).

### 1.2.7 PLM-Relevanz von Hochleistungsrechnern

Mit der zunehmenden Bedeutung der Berechnung tritt eine parallele Entwicklung im Bereich des Hochleistungsrechnens hervor. Die Methoden des CAE, die i. d. R. auf einer Diskretisierung des Berechnungsraums beruhen, erfordern hohe Rechenleistung. Bessere Simulationsmodelle erzielt man u. a. durch feinere Vernetzung des Berechnungsraums, komplexere Elemente oder feinere Zeitdiskretisierung. Die aufwändigen Berechnungen dieser Art werden immer mehr an Hochleistungsrechnern durchgeführt. Der Einsatz von

#### **Def.: SDM**

*Unter SDM versteht man die integrierte Verwaltung von Daten und Prozessen der CAE-Workflows. Nach (ProSTEP AG, 2005) kann die Integration über vier Stufen erreicht werden. Der erste Schritt ist die Integration von Anwendungssystemen. Dadurch wird eine einheitliche Informationsbasis für die Simulationsdaten erreicht. Im nächsten Schritt werden die proprietären CAE-Daten in PDM-Systemen, die auf CAE ausgerichtet sind, auf Meta-Daten-Ebene integriert. Zwei Ansätze haben sich dabei herauskristallisiert, ein in PDM integriertes Simulationsdatenmanagement und ein Simulationsdatenmanagement-System, das mit dem vorhandenen PDM über Konnektoren bzw. Services kommuniziert. Es wird in beiden Ansätzen angestrebt, die Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Domänen des CAE und der CAD-Domäne zu gewährleisten. Schließlich soll ein Lebenszyklus-Ansatz für die Simulationsdaten entwickelt werden.*

Hochleistungsrechnern wurde einst Experten in großen Unternehmen oder Forschungsinstituten vorbehalten. Heutzutage verfügen von kleinen Dienstleistern bis hin zu Großunternehmen ein erheblicher Teil von Berechnungsabteilungen über Hochleistungsinfrastrukturen. Demzufolge nimmt die verbrachte Bedienzeit für die HPC-bedingten Aufgaben im Laufe des Produktentstehungsprozesses spürbar zu. Weiterhin steigt die Menge der Daten sowie Anzahl der Prozesse erheblich an. Schließlich wurde ein Simulationsdatenmanagementansatz, der Hochleistungsrechner berücksichtigt, von essenzieller Bedeutung.

## 2 Aufbau der Studie

Die Unternehmen, die im Rahmen dieser Studie befragt wurden, wurden aus dem Kreis der Automobilindustrie ausgewählt. Die CAE-Lieferkette der OEMs wird von Komponentenherstellern bis hin zu CAE-Dienstleistern berücksichtigt. Intensive Berechnung in der Produktentwicklung ist das entscheidende Merkmal für alle Teilnehmer. Zusätzlich werden zwei weitere Merkmale, Anwendung von vielfältigen CAE-Domänen sowie standortübergreifende Berechnungsprozesse, als Auswahlkriterien für die Unternehmen berücksichtigt. Schließlich haben 9 von 13 angefragten Unternehmen an der Studie teilgenommen.

Die Studie zielt anstatt einer breiteren Datenerhebung auf eine vertiefte Analyse einer repräsentativen Menge ab. Aufgrund der Natur der zu ermittelnden Informationen bestand der Bedarf an einer offenen Diskussion mit den Teilnehmern, um ein klares Bild der Situation zu erhalten. 3 OEMs und 2 Marktführer unter den Systemzulieferanten bilden das Rückgrat der Studie. Unter CAE-Dienstleistern und -Vendoren haben wiederum 2 Spitzenunternehmen die Studie unterstützt. Am Beispiel eines weiteren Unternehmens aus dem Mittelstand konnte ein Vergleich zwischen den Berechnungsprozessen der großen Unternehmen und denen des Mittelstands gezogen werden. Ein staatliches Institut in der Grundlagenforschung ermöglicht den Einblick in die naturwissenschaftlichen Anwendungen des HPC.

### Die Studie:

*Die Studie konzentriert sich auf die Situation der HPC-Anwendung in der Automobilindustrie. Eine ausgewählte Menge von 8 Unternehmen, alles führende Vertreter aus Klein- und Mittelstand, Großunternehmen sowie ein Forschungsinstitut wurden befragt. Eine hochgradige Vertretung von Geschäftsführern bis hin zum Bereichs- und Abteilungsleiter zeichneten hochkarätige Interviews aus.*

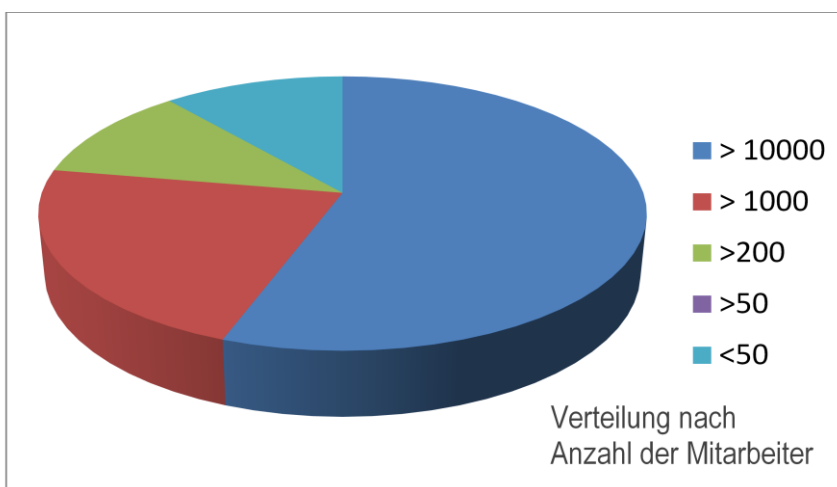


Abbildung 2-1: Teilnehmer der Studie

**Der Fragebogen:**

In der Studie wurden Informationen aus folgenden Bereichen erfasst:

- Die für das HPC relevanten Unternehmensbereiche,
- Organisation der CAE-Workflows, -Methoden und Werkzeuge,
- CAE-Datenmanagement,
- CAE-Prozesse,
- Open-End Diskussionsrunde.

## 2.1 Motivation und Ziele der Studie

Diese Studie wurde mit der Zielsetzung konzipiert, die Anforderungen an die Integration der Hochleistungsrechner in den Workflow des Produktentstehungsprozesses abzuleiten. Die Fragen zielen darauf hin ab, ein klares Bild der aktuellen Situation im Bereich des Hochleistungsrechnereinsatzes zu schaffen. Von größtem Interesse sind die peripheren Bereiche des HPC, insbesondere im Zusammenhang mit dem vorhandenen Datenmanagement-Umfeld in der Produktentstehung.

Die motivierende Vision der Studie ist es, ein Referenzmodell für die HPC-relevanten Daten und Prozesse zu entwickeln, mit dem in einer verteilten und heterogenen Umgebung die Integration sowie die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Domänen und Projektgruppen von externen wie auch internen Partnern der virtuellen Produktentwicklung gewährleistet ist.

## 2.2 Konzeption der Studie

Für die Studie wurde ein Fragebogen, der aus vier Abschnitten besteht, erstellt (siehe Anhang). Die Abschnitte werden nach den folgenden Informationsgruppen geordnet:

### **Organisation:**

In diesem Abschnitt wurden die organisatorischen Einzelheiten erfasst. Die Fragen richteten sich auf die Organisation der CAE-Einrichtungen innerhalb einer Abteilung und über die Abteilungsgrenzen hinweg. Von besonderem Interesse war der Übergang von der Konstruktion in die Berechnung. Weiterhin wurden die Grenzen zwischen unterschiedlichen CAE-Bereichen bezüglich der multi-disziplinären Berechnungsprozesse untersucht.

### **CAE-Prozessorganisation:**

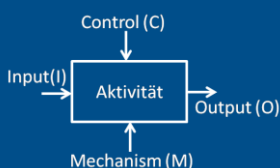
Dieser Abschnitt ordnet die CAE-Aktivitäten nach angewandten Methoden, entsprechend der eingesetzten kommerziellen Tools und nach der Relevanz für den Hochleistungsrechnereinsatz ein.

### **CAE-Datenmanagement:**

Die aktuellen Strategien zum CAE-Datenmanagement wurden in diesem Abschnitt behandelt. Darüber hinaus werden neben den Formen der Kooperation mit den CAE-Dienstleistern und Entwicklungspartnern die Ansätze zum Wissensmanagement im Zusammenhang mit Hochleistungsrechnern besprochen.

**Def.: SADT**

Die SADT (Structured Analysis and Design Technique) ist eine graphisch orientierte Systementwurfs- und Beschreibungsmethode. Sie enthält Kästen und Pfeile zur Beschreibung der Systemaktivitäten. Dabei handelt es sich um aktivitätsorientierte sowie datenflussorientierte graphische Methoden nach ICOM-Notation (Anderl, 2006).



### ***CAE-Prozesse***

Anschließend werden CAE-Prozesse an ausgewählten Beispielen nach einzelnen Prozessschritten sowie eingehenden und ausgehenden Informationen in SADT-Diagrammen abgebildet. Dabei wurde auf die Komponenten der CAE-Infrastruktur hingewiesen, wie die Datenflüsse in diversen Speicherorten organisiert werden.

### ***Diskussionsrunde, Open-End Fragen:***

Zum Schluss wurde eine offene Diskussionsrunde durchgeführt. Dabei wurden die Engpässe der aktuellen Vorgehensweise besprochen. Die Meinung der Teilnehmer in Bezug auf die zukünftigen Entwicklungen im Bereich des CAE und ihre Vorstellungen über eine ideale Systemunterstützung wurden erfasst. Dieser Teil diente als ein Resümee der Befragung und lieferte eine zusammenfassende Evaluierung aus der Sicht der Teilnehmer.

## **2.3 Durchführung der Interviews**

Die Interviews wurden mit Mitarbeitern der repräsentierten Unternehmensabteilungen durchgeführt. Alle Teilnehmer haben Personalverantwortung als Gruppenleiter bis hin zum Bereichsleiter. 6 von 9 Interviews wurden mit der Teilnahme von mehr als zwei Vertretern aus unterschiedlichen Bereichen durchgeführt. Dementsprechend hochwertige Informationen konnten dank dieser hochgradigen Unterstützung erhalten werden.

Die Interviews wurden vor Ort durchgeführt. Die durchschnittliche Dauer der Interviews liegt bei 2 Stunden. Abhängig von der Dauer der offenen Diskussionsrunde fanden Interviews bis zu 3,5 Stunden statt. Jedes Interview wurde in Form von Zwischenberichten dokumentiert und aufgrund der internen Datenschutzregeln zum Teil von den jeweiligen Teilnehmern revidiert.



### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie sind im Folgenden nach Daten, Prozessen und Organisationsstrukturen zusammengefasst. Neben statistischen Auswertungen werden die aus den Diskussionsthemen gezogenen Schlussfolgerungen vorgestellt.

#### 3.1 Verbreitung von Hochleistungsrechnern in der Industrie

Die Studie hat gezeigt, dass die klassischen Anwendungsfälle, CFD, Optimierung und Crash Analysis weiterhin für HPC relevant bleiben. Neue Domänen wie NVH oder Multiphysische Anwendungen treten als aufkommende Standard-Berechnungsdomänen aus Hochleistungsrechnern hervor. Unter den Teilnehmern der Studie wurden alle abgefragten Domänen außer MKS-Simulation als relevant für HPC genannt. Es sei aber erwähnt, dass die Auswahl der Unternehmen die Ergebnisse bezüglich der HPC-Relevanz in einer Richtung beeinflussen würde. Zum Beispiel ist Crash eine typische Berechnungsdomäne in HPC. Jedoch werden die Crash-Berechnungen nur von der Automobilindustrie, also von dem Teilnehmerkreis der Studie, angewendet. Deshalb sind die folgenden Ergebnisse industriespezifisch zu betrachten und nur bedingt auf andere Industriefelder übertragbar. Trotzdem kann eine Korrelation in der Häufigkeit der Domänen beobachtet werden. Die Abbildung 3-1. zeigt die Verteilung der Berechnungsdomänen nach der Häufigkeit des Einsatzes in den befragten Unternehmen.

#### **Verbreitung von HPC:**

*In der Industrie hat sich der Hochleistungsrechnereinsatz domänenübergreifend verbreitet. CFD, Optimierung und Crash-Simulationen bleiben nach wie vor bekannte Vertreter. Weitere Bereiche wie multi-disziplinäre Berechnungen, NVH kommen auf.*

*Eine zukunftsweisende Bestrebung besteht in dedizierten HPC-Infrastrukturen.*

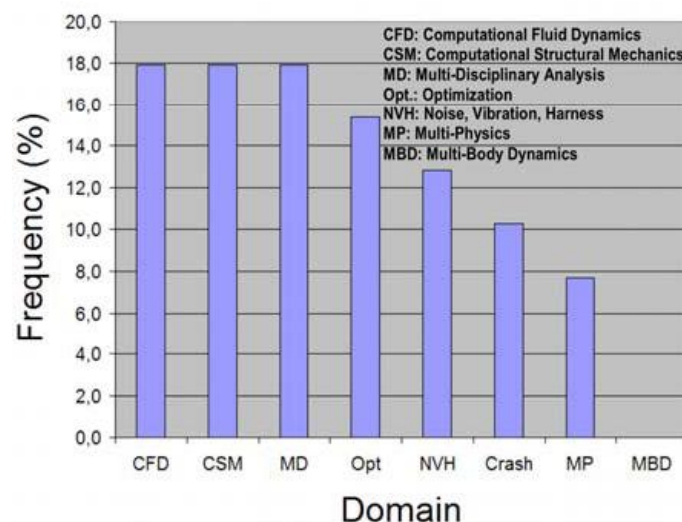


Abbildung 3-1: Verteilung von Domänen nach ihrer HPC-Relevanz

Zwei Unternehmen setzen selbst für die Berechnungs-, Simulations- und Optimierungsaufgaben in kleinem Umfang eine dedizierte HPC-Umgebung ein. Dabei stellt sich die für die Aufgaben optimierte Konfiguration des HPC als ein wesentlicher Vorteil heraus. In der Regel liegen die Kosten einer dedizierten Infrastruktur weit unter denen einer vergleichbaren Workstation. Darüber hinaus ist der Ingenieur in seiner Arbeit wegen der CPU-Auslastung nicht gehindert.

### 3.2 Abteilungsstruktur vs. IT-Infrastrukturen

Die Studie hat gezeigt, dass die IT-Infrastruktur und die CAE-Workflows eines Unternehmens sich entlang der traditionellen Organisationsstruktur entwickeln. Die Positionierung der Berechnungsabteilung in der Organisation spielt eine essentielle Rolle für die System- und Prozessarchitektur. Außerdem hat der Produkttyp einen Einfluss auf die Prozessgestaltung. Zum Beispiel haben die Automobilhersteller einen produktgesteuerten Prozessablauf, während die Berechnungsdienstleister auftragsgesteuerte Prozessabläufe einsetzen. Schließlich wurden je nach dem Produkt- und Organisationstyp vier Schemen abgeleitet, die die Beziehung der Infrastruktur und der Organisationsstruktur abbilden Abbildung 3-2.

Die Abbildungen A, B und C weisen in der Organisation der CAE-Domäne dasselbe Schema auf. Dementsprechend sind die Abteilungen nach unterschiedlichen CAE-Domänen und -Tools oder nach CAE-Projekten organisiert. Zum Beispiel trägt die Abteilung CFD für die CFD-Berechnungen des Unternehmens über die ganze Produktpalette hinaus die Verantwortung. Anders ist es in der Organisationsstruktur D. Hier sind die Abteilungen nach Produktbereichen aufgeteilt und jeder Bereich ist von der gesamten Berechnungspalette des jeweiligen Bereichs verantwortlich, zum Beispiel die virtuelle Verifizierung des Interiors. Die HPC-Infrastruktur kann prinzipiell dedizierte Knoten für bestimmte Aufgaben vorsehen oder einen großen Hochleistungsrechner für alle Aufgabenarten zur Verfügung stellen. A und B in Abbildung 3-2 unterscheiden sich nach der Größenordnung der Rechner, die für Rechenaufgaben vorgesehen sind. Entsprechend flexibel lässt sich das Queueing-System auch manipulieren. Zum Beispiel geht eine CFD-Berechnung in A zum eigenen Queueing-System, das für die Abteilung CFD eingerichtet ist. In diesem Fall lässt sich die Überschreibung des Queueing-

#### **HPC vs. Organisationsstruktur:**

*IT-Infrastruktur und CAE-Workflows eines Unternehmens entwickeln sich entlang der traditionellen Organisationsstruktur.*

*Die Automobilhersteller weisen einen produktgesteuerten Prozessablauf auf, während die Berechnungsdienstleister auftragsgesteuerte Prozessabläufe einsetzen*

*Es kommen verschiedene Kombinationen von HPC-Infrastrukturtypen vor:*

*Organisation der Abteilungen je nach Domänen oder funktionellen Produktbereichen sowie ein Großrechner für alle Domänen oder Hochleistungsrechner für jede einzelne Domäne.*



Systems, z. B. um die Priorität der Berechnung zu ändern, relativ einfach regeln, weil die Administration der HPC-Umgebung in der Abteilung liegt. Dafür ist eine solche HPC-Umgebung relativ eingeschränkt für eine Berechnungsaufgabe im großen Umfang. Solche Aufgaben werden in der Regel auf größeren Rechnern berechnet. Die Administration funktioniert zentral, deshalb auch ohne die Zugriffsmöglichkeit auf das Queueing-System.

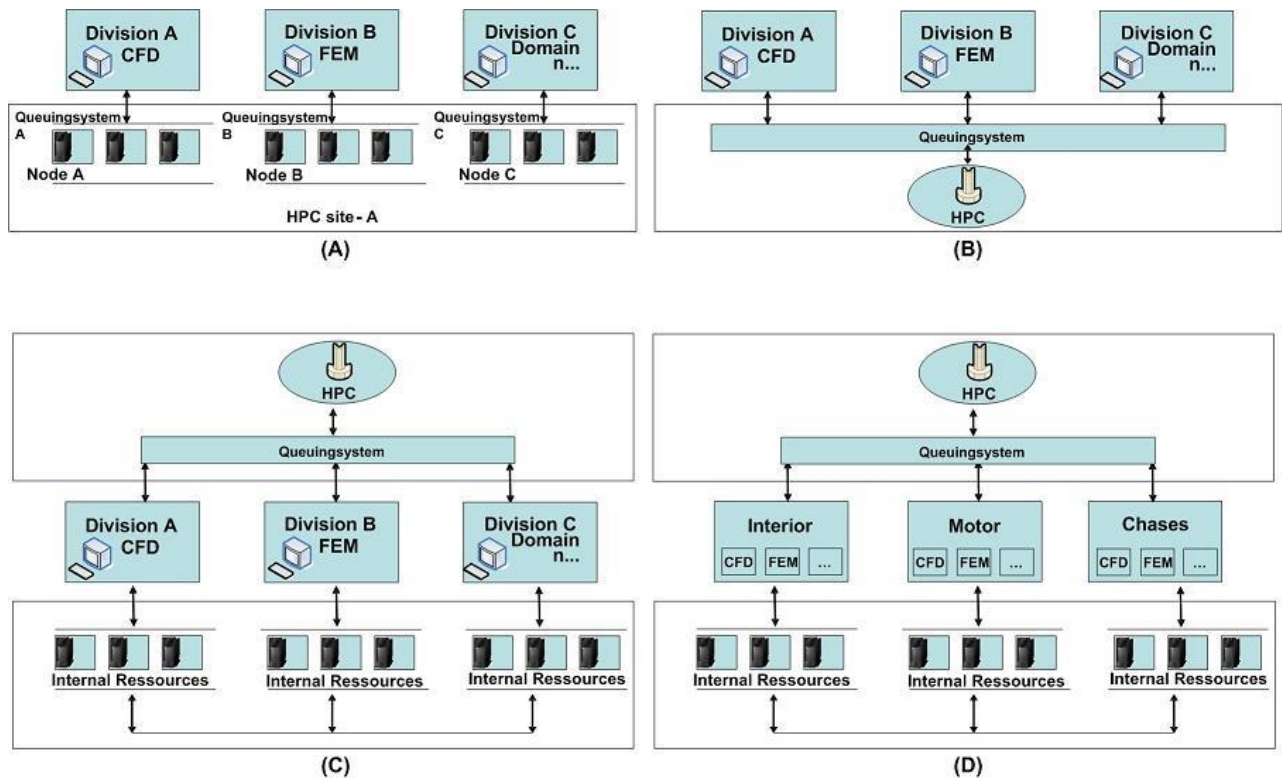


Abbildung 3-2: Beziehung der HPC-Infrastruktur mit der Organisationsstruktur

#### HPC-Datenmanagement:

Ein Datenmanagementansatz für HPC ist nicht vorhanden. Ebenso ist eine SDM-Lösung bei den befragten Unternehmen nicht im produktiven Einsatz. Jedoch streben die meisten Großunternehmen der Studie eine SDM an und führen derzeit ein Benchmarking- oder Pilotprojekt durch (\*).

\* Diese Angaben beziehen sich auf den Zeitraum der Datenerhebung von August bis Dezember 2006.

Die großen Unternehmen, z. B. Automobilhersteller, können eine optimale Kombination von beiden oben genannten Infrastrukturtypen leisten, so dass die Abteilungen ihre rechenintensiven Aufgaben hauptsächlich intern unter eigener Administration durchführen können und für Aufgaben im größeren Umfang auf die zentralen Ressourcen zugreifen.

### 3.3 Datenmanagement in HPC

Keines der befragten Unternehmen setzt ein Datenmanagementsystem für HPC ein, noch verwaltet es die Berechnungsdaten mit dem SDM oder PDM synchron. Die Durchdringung des SDM hat im industriellen Umfeld derzeit nicht erfolgt. Bei einem Automobilhersteller wird eine SDM-Lösung eingesetzt, jedoch beschränkt sich die Anwendung nur auf Crash-Untersuchungen. Trotzdem streben derzeit alle Großunternehmen der Studie eine

SDM-Lösung an. Aktuell werden überwiegend Datenaustausch-Server zu diesem Zweck verwendet.

Alle Teilnehmer der Studie sind in kooperativen und verteilten Produktentwicklungsprojekten involviert, wobei Berechnungsdaten ausgetauscht werden. Solche Daten werden überwiegend über Datenaustausch-Server kommuniziert, seltener aber auch manuell über Speichermedien oder E-Mails. Sowohl Automobilhersteller als auch Groß-Zulieferanten bieten zwecks einer besseren Zusammenarbeit aber auch Informationssicherheit Arbeitsplätze für die externen Dienstleister innerhalb des Unternehmens.

Offene Diskussionen um dieses Thema und die aktuellen SDM-Bestrebungen haben verdeutlicht, dass der produktive Einsatz einer SDM-Lösung die Voraussetzung für HPC-Datenmanagement ist.

### 3.4 Workflows des HPC

CAE-Workflows werden auftragsgesteuert initiiert. Die Berechnungsingenieure legen hauptsächlich Wert auf die Qualität der Ergebnisse und nicht auf die erforderlichen Ressourcen. Die Ergebnisse sollten vor dem Abgabetermin erzielt werden. Schließlich lässt sich der reale Aufwand eines Berechnungsauftrags nicht bestimmen, bevor die Ergebnisse erzielt wurden. Angesichts dieser Problematik stellt sich das Ressource-Monitoring als ein essentielles Werkzeug heraus, welches es ermöglicht, die vorhandenen Ressourcen im Vorfeld in den Auftragsprozess einzubeziehen. Somit lassen sich HPC-Workflows in Zusammenarbeit mit anderen Projektmanagement-Werkzeugen, z. B. Kosten- oder Auftragsmanagement, auch aus einer kommerziellen Sichtweise in die Unternehmensprozesse einbinden.

Die Teilnehmer der Studie haben die Bedeutung von automatisierten Prozessen betont. Eigentlich sind die Workflows auf der Basis der Batch-Dateien zum größten Teil automatisiert. Jedoch bedürfen diese Batch-Dateien manueller Wartung durch die Anwender. Die Teilnehmer haben unter Anderem einen effizienten Informationsfluss zwischen Load-Balancing, Ressource Monitoring (s. Abschnitt 3.6) als potenzieller Fortschritt für die Integration im PLM Umfeld genannt. Weiterhin werden die üblichen Workflows im HPC, z. B. Datenübertragung zwischen

#### **SDM als Voraussetzung für HPC-Datenmanagement:**

*Es hat sich aus den Diskussionen um das Thema CAE-Datenmanagement sowie den Bedarf an HPC-Datenmanagement ergeben, dass der produktive Einsatz einer SDM-Lösung der erste Schritt zu Überlegungen zum HPC-Datenmanagement ist.*

#### **Ressource-Monitoring:**

*Die CAE-Workflows weisen einen auftragsgesteuerten Charakter auf. Es erfordert ein prospektives Ressource-Monitoring für ein effektives Auftragsmanagement.*

#### **Echtzeit-Monitoring:**

*Die Verbesserung des Informationsflusses zwischen dem Loadbalancing-System und dem Rest der IT-Landschaft des Unternehmens ist erforderlich. Es ermöglicht neben dem Ressource-Monitoring auch die Echtzeit-Ergebnisüberwachung zwischen den asynchron laufenden Systemen.*

asynchronen Anwendungen, Fernzugriff auf die HPC-Bedienung, Syntaxüberprüfung der Dateien, als PLM-relevant genannt. Ideal wäre eine HPC-Umgebung, die über die vorhandenen CAX-Systeme, z. B. über PDM oder einen im SDM platzierten Preprocessor ohne die abgelösten Workflows erreichbar ist.

### 3.5 Kontext-abhängige Wissensverwaltung

Dauerqualität der CAE-Workflows wird bei 55 % der Teilnehmer durch die abteilungsinternen Richtlinien oder Best-Practice-Berichte unterstützt. Die Methoden zum kontext-abhängigen Erfahrungsaustausch werden in Form von fallbasierten Dokumenten, Richtlinien oder Erfahrungsberichten im Intranet entweder abteilungsintern oder unternehmensintern eingesetzt.

### 3.6 Anforderungen der Anwender

#### **Anforderung an die CAE-Vendoren und Hardware-Zulieferer:**

*Die CAE-Vendoren und die Hardware-Zulieferer werden jeweils angefordert, Benchmark-Studien zur optimalen Hardware-Software-Kompatibilität zur Verfügung zu stellen.*

Mit der steigenden Diversifikation der Software, die aufgrund der unterschiedlichen Einsatzzwecke variierende Anforderungen an die Hardware stellen, wurde die Verwaltung der Hardware eine herausfordernde Aufgabenstellung, insbesondere im Bereich des Hochleistungsrechnens. Jede Anwendungsdomäne stellt in Bezug auf Speichergröße, Prozesseigenschaften, Bandbreite des Netzwerks und leistungsfähige Parallelisierbarkeit spezielle Anforderungen an die Hardware. Den IT- und CAE-Abteilungen der Unternehmen fehlen insbesondere zur Optimierung der Hardware nach der verwendeten Software oder umgekehrt Erfahrungswerte. Die CAE-Vendoren und die Hardware-Zulieferer werden jeweils aufgefordert, Benchmark-Studien und optimale Hardware-Konfigurationen zur Verfügung zu stellen.

#### **Bandbreite des Netzwerks:**

*Die aktuell verfügbare Bandbreite ist für die Übertragung von massiven Berechnungsdaten nicht ausreichend, deshalb wirkt sie als Hindernis vor der Nutzung von standortübergreifenden HPC-Ressourcen ein.*

Vier Unternehmen der Studie verfügen bereits über eine Grid-Infrastruktur, die zur Berechnung auf verteilten Standorten geeignet ist. Jedoch erweist sich die vorhandene Bandbreite des Netzwerks für solche Fernberechnungen als nicht effektiv. Die HPC-Ressourcen sind i. d. R. so ausgelastet, dass es für ein 24/7-Konzept keinen Spielraum gibt. Über die Nacht oder selbst über das Wochenende werden die HPC-Ressourcen in voller Kapazität ausgenutzt. Trotzdem können während der längeren Werksferien, wie die längeren Ferientage, die Ressourcen an anderen Standorten in Anspruch genommen werden. In diesem Fall wäre die Haupteinschränkung die Lizenzverfügbarkeit. Einheitliche weltweite Lizenzverträge für unterschiedliche Zeitfenster

existieren in den Unternehmen nicht. Hier zählen aus dem Teilnehmerkreis nur zwei Unternehmen, die weltweit verfügbare Berechnungsinfrastrukturen besitzen.

Eine weitere Einschränkung der HPC-Ressourcen bezieht sich auf die Software. Zwei Teilnehmer der Studie bestätigen, dass die Hardware-Finanzierung mittlerweile einen zweitrangigen Stellenwert besitzt. Priorität wird der Lizenzverfügbarkeit eingeräumt. In einer optimalen HPC-Konfiguration spielt der optimale Einsatz von Lizenzen eine wichtigere Rolle als die Hardware, weil die Hardware einen relativ geringen Anteil in der Gesamtinvestition des HPC erfordert.

Die Anforderung an das Echtzeit-Monitoring wird im Abschnitt 3.4 bereits genannt. HPC ist grundsätzlich ein asynchroner Vorgang für zeitlich anspruchsvolle Berechnungen, Simulationen oder Optimierungen. Eine Rückmeldung über den Fortschritt der Ergebnisse könnte die zeitnahe Korrektur einer Berechnung ermöglichen. So ist der Anwender in der Lage, einen auf die Modellierung zurückzuführenden Fehler rechtzeitig zu erkennen, ohne auf die Ergebnisse warten zu müssen.

Eine weitere Herausforderung anderer Art ist die Archivierung der Daten in großem Umfang sowie Suchen nach verfügbaren Ergebnissen innerhalb der riesigen Datenmenge. Ein einheitliches Datenmodell und eine standardisierte Architektur sollten dabei angestrebt werden.

#### **Lizenzverwaltung:**

*Die nicht weltweit verfügbaren Lizenzverträge bilden eine weitere Einschränkung in der Nutzung von standort-übergreifenden HPC-Ressourcen.*

*Die Priorität der HPC-Investitionen berücksichtigt die optimale Nutzung von Lizenzen, weil die Hardware mittlerweile einen geringen Anteil in der Gesamtinvestition in Anspruch nimmt.*

*Eine effektive Lizenzverwaltung in HPC nimmt bereits einen hohen Stellenwert ein.*

## 4 Architekturvorschlag

Die folgende Architektur baut auf die Organisationsmodelle, die in den vorangehenden Abschnitten beschrieben wurden. Unter Berücksichtigung der involvierten Rollen, Abteilungen sowie ermittelten CAE-Prozesse wird im Folgenden ein Architekturkonzept vorgestellt, das die Ausführung von CAE-Prozessen unter Hochleistungsrechnereinsatz in der verteilten und heterogenen Umgebung unterstützt.

Drei wichtige Ebenen in CAE werden betrachtet: Prozessablauf-Ebene des CAE, Informationsfluss-Ebene in CAE unter HPC-Anwendung sowie Infrastruktur-Ebene.

### Der CAE-Prozess

Ein stark vereinfachter CAE-Prozessablauf dient hierbei als Referenzmodell, um die unterschiedlichen CAE-Domänen zu repräsentieren, Abbildung 4-1.

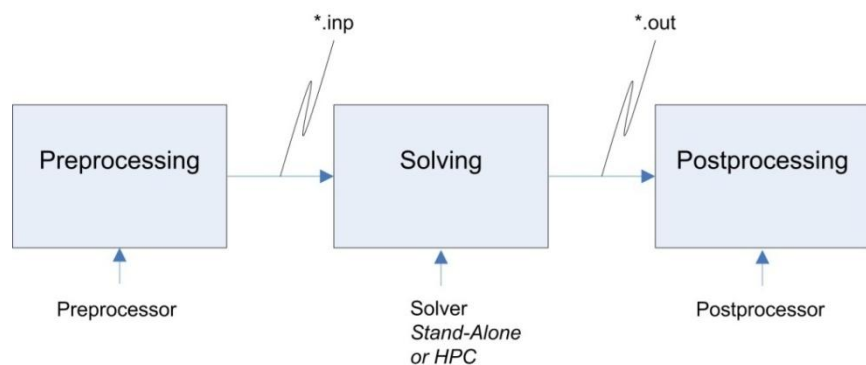


Abbildung 4-1: Vereinfachter CAE-Prozessablauf

### CAE-Informationsflüsse

In den Berechnungs- und Simulationsabläufen fließt die Information prinzipiell über zwei Medienbrüche, vom Preprocessing zur Berechnung und von der Berechnung zum Postprocessing. Aus der Sicht der Berechnung ist die Anwendung eines Hochleistungsrechners praktisch identisch der Anwendung eines Einzelplatzrechners: *Sobald ein Input-Deck die Preprocessing-Software verlässt, entsteht in beiden Anwendungsfällen ein Medienbruch.* Jedoch werden für eine Berechnung auf einem Hochleistungsrechner weitere Parameter definiert sowie komplizierte Prozesse durchlaufen. Die Studie belegt, dass einige davon, u. A. Hardwarekenntnis, Anzahl und Eigenschaften der Knoten, Benutzerdaten, projektbezogene Informationen, erwartete vs. echte Berechnungszeit, Benachrichtigung der Benutzer,

Prioritäten usw., als produktgebundene Daten bzw. prozessrelevante Parameter von essenzieller Bedeutung sind. Ein ganzheitlicher Ansatz zur Verwaltung der Daten dieser Gruppe existiert entweder nicht oder ist auf die Speicherung von Einstellungen eingeschränkt. Demzufolge fehlt dem PLM die Integrität, Reproduzierbarkeit und Konsistenz der HPC-Daten.

Die CAE-spezifische Verwaltung von Daten ist die Aufgabe des CAE-Datenmanagements. Jedoch gehören HPC-spezifische Daten zum Prozess „Solving“, der mit der HPC-Umgebung zusammenhängt, vgl. Abbildung 4-2. Hier werden die eingehenden HPC-spezifischen Daten über die HPC-Brücke erfasst. Sie funktioniert ebenfalls als die Brücke für die ausgehenden Daten aus der HPC-Umgebung.

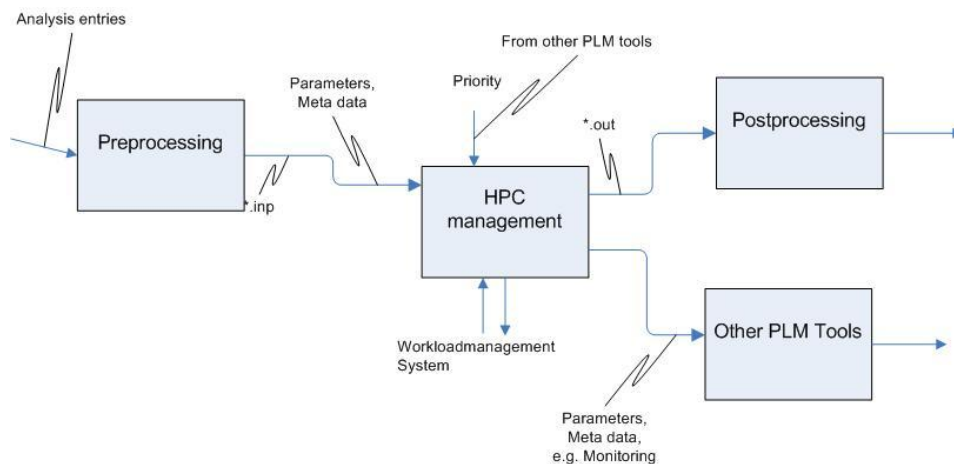


Abbildung 4-2: HPC-Brücke

### Infrastruktur

Die folgenden Bilder zeigen zwei häufige Szenarien mit ähnlichem Medienbruch, s. Abbildung 4-3. In Abbildung (A) wird eine gekoppelte Systemumgebung dargestellt. Das Merkmal dieser Kopplung ist die nicht-gesteuerte und nicht-verwaltete Datenübertragung von einem Medium zum anderen. Die gekoppelte Lösung zeigt den Regelfall in der Industrie. Abbildung (B) stellt die Anwendung von einem SDM dar. Dieser Fall beschränkt sich bisher auf Pilotfälle und wird in der Industrie produktiv nicht eingesetzt.

Diese Bilder verdeutlichen sowohl an einem konventionellen als auch einem innovativen Beispiel aus der Industrie, dass die durch den Einsatz von Hochleistungsrechnern entstandenen Medienbrüche sich ohne einen Ansatz zum HPC-Datenmanagement nicht vermeiden lassen.

### HPC-Brücke:

*In HPC-Workflows werden HPC-spezifische Parameter definiert sowie komplizierte Prozesse durchlaufen. Die Studie belegt, dass einige davon, u. a. Hardware Kenntnis, Anzahl und Eigenschaften der Knoten, Benutzerdaten, projekt-bezogene Informationen, erwartete vs. echte Berechnungsdauer, Benachrichtigung der Benutzer, Prioritäten usw., als produktgebundene Daten bzw. prozessrelevante Parameter von essenzieller Bedeutung sind.*

*Ohne einen Ansatz zum HPC-Datenmanagement ist ein Medienbruch in einem HPC-Workflow sowohl in konventionellen als auch in innovativen Szenarien von heute nicht vermeidbar. So bleiben die HPC-Workflows nicht-gesteuert. Eine HPC-Brücke ermöglicht die Verwaltung von HPC-spezifischen Daten.*



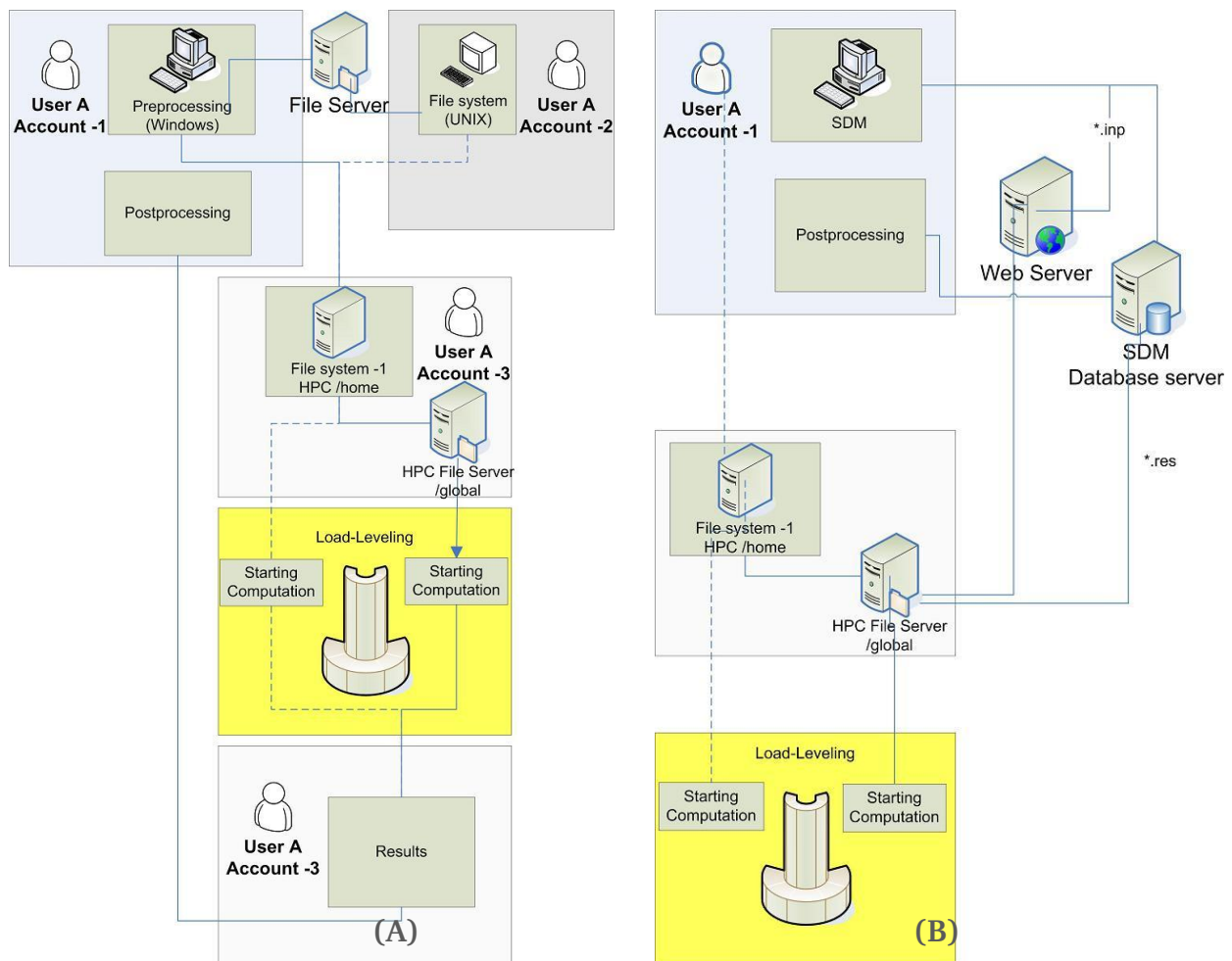


Abbildung 4-3: Medienbruch im CAE Workflow (A) Gekoppelte Softwareumgebung, (B) Anwendung eines SDM

Ein weiteres Merkmal einer HPC-Infrastruktur ist der abteilungsübergreifende wie auch disziplinübergreifende Einsatz sowohl im Unternehmen als auch über die Unternehmensgrenzen hinweg. Es erfordert die Synchronisation und Kommunikation der HPC-Daten aus unterschiedlichen Speicherorten, wie ERM, PDM oder SDM. Dieses Netzwerk arbeitet derzeit ohne die Verwaltung und Steuerung der während der HPC-Prozesse akkumulierten Daten. Infolgedessen befinden sich diese Daten verteilt über die IT-Landschaft des Unternehmens, die im Lauf der Zeit entlang der traditionellen Organisationsstrukturen entwickelt wurde.

Eine an die IT-Landschaft der Unternehmen angepasste Architektur, die mit den vorhandenen verteilten und heterogenen Systemen integriert werden kann, wird in Abbildung 4-4 dargestellt. Die Anwendungsarchitektur erfüllt die Anforderungen an die Integration der HPC-Infrastruktur in der IT-Landschaft des Unternehmens.

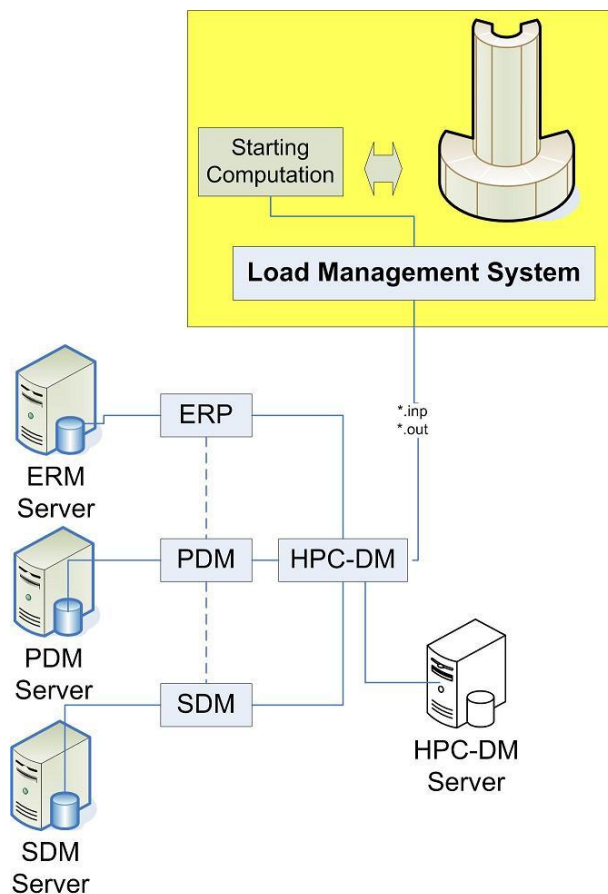


Abbildung 4-4: Anwendungsarchitektur

Weiterhin ermöglicht sie ein transparentes Monitoring der laufenden Berechnungen. So ist der Ingenieur in der Lage, Rückmeldungen über die Ergebnisse seiner Berechnung in Echtzeit zu bekommen.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kopplung des Prioritätenmanagements des Loadleveling-Systems mit dem der Engineering Workflows, so dass die Engpässe in der Verfügbarkeit der Kapazitäten besser überblickt werden. Die vorgestellte Architektur ist kompatibel mit den vier Organisationsmodellen, vgl. Abbildung 3-2. Eine Voruntersuchung bestätigt ihre Kompatibilität mit beliebiger Organisationsstruktur.

#### **Ressource Monitoring:**

*Ein Ansatz zum HPC-Datenmanagement ermöglicht die Echtzeit-Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Anwendungsebenen sowie Systemen. Insbesondere ist dadurch das prospektive sowie Echtzeit-Ressource-Monitoring möglich.*



## 5 Anwendungsszenario

### **Def.: SimPDM**

*SimPDM ist eine Projektgruppe im ProSTEP iViP Verein, die es zum Ziel hat, mit Anwendern, Systemanbietern und Hochschulinstituten aus den Bereichen Produktdatenmanagement sowie Simulation und Berechnung gemeinsame Lösungen zur Integration von Simulation und Berechnung in eine PDM-Umgebung zu entwickeln(iViP).*

Das folgende Anwendungsszenario stellt die Synergie eines integrierten Ansatzes zum HPC-Datenmanagement im Bereich der Berechnung und Simulation dar. Dabei bietet sich ein im Rahmen der Projektgruppe **SimPDM** entstandenes Szenario „Crash“-Simulation als Beispiel(Anderl, et al., 2007).

Dieses Szenario sieht eine getrennte SDM-Umgebung für CAE vor, s. Abbildung 5-1. Die Daten von CAD-PDM werden unter Berücksichtigung der Konsistenz von Daten hinsichtlich der Versionierung, Zugriffsverwaltung, Änderungsverwaltung etc. in die SDM-Umgebung übertragen. Die erste rechenintensive Aufgabe ist die Vernetzung, die oft über einen Batch-Input auf Hochleistungsrechnern durchgeführt wird. Dabei werden die Einstellungen und relevanten Parameter unter SDM zur Verfügung gestellt. Die HPC-Brücke stellt die Vorlagen zum Hochleistungsrechnereinsatz für die Vernetzung zur Verfügung. Relevante Parameter der HPC-Umgebung, die für das Loadleveling, den Pfad der Daten, die Anzahl der Prozessoren etc., werden von der HPC-Brücke einbezogen. Zum Verlauf der Ausführung der Vernetzung bekommt der Anwender über die HPC-Brücke eine Rückmeldung. Die Ausgabedateien der Vernetzung werden dann automatisch in SimPDM übertragen. Weitere Schritte vor der Berechnung einer Crash-Simulation, wie die Assemblierung, Lastfälle, Schweißpunkte, Materialien erfolgen in der SDM-Umgebung. Die Berechnung kann anschließend ausgeführt werden, indem das Input-Deck über die HPC-Brücke in das Loadleveling weitergeführt wird. CAE-relevante Einstellungen, wie die zeitliche Schrittweite, das numerische Modell etc. werden innerhalb der SDM-Umgebung definiert. HPC-relevante Einstellungen werden von der HPC-Brücke übernommen. Ebenso wird das Echtzeit-Monitoring durch die HPC-Brücke ermöglicht. In diesem Beispiel basiert die Kommunikation der Systeme auf der „Services Oriented Architecture“ (SOA) .

Das vorliegende Szenario zeigt die Integration der HPC-Umgebung mit CAE-Workflows durch die HPC-Brücke. Weitere Anwendungen, wie die z. B. durch eine Versionsumstellung veranlasste Konvertierung von massiven CAD-Daten, sind anhand des Konzepts der HPC-Brücke ebenfalls möglich.

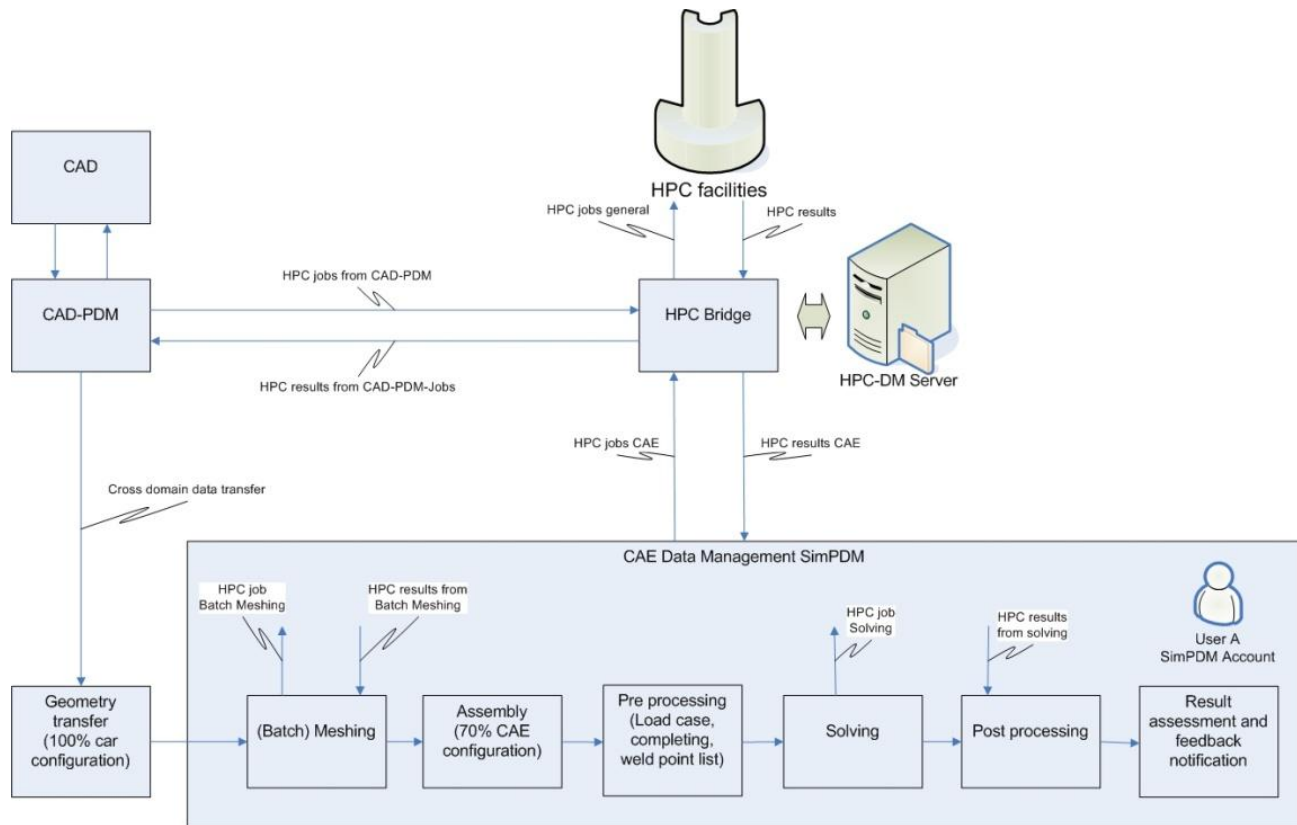


Abbildung 5-1: Zusammenarbeit der HPC-Brücke mit in einer SDM-Umgebung

## 6 Ergebnisse im Überblick & Handlungsfelder

### *Ergebnisse*

- Der Trend zu asynchron laufenden Berechnungsprozessen steigt. Entsprechend essentiell ist ein Ansatz zum besseren Informationsfluss zwischen beteiligten Systemen.
- Die IT-Infrastruktur der Unternehmen entwickelt sich entlang der traditionellen Organisationsstruktur.
- HPC-Infrastrukturen zeigen bestimmte Muster, die je nach der Größenordnung des Systems und dem Produkttyp organisiert werden.
- Einen Ansatz zum HPC-Datenmanagement gibt es nicht. Aktuell sind die Bestrebungen nach einer SDM-Lösung.
- SDM-Verständnis ist der erste Schritt zu Überlegungen zum HPC-Datenmanagement.
- Effektives Lizenzmanagement ist aktuell ein Thema. In Bezug auf HPC nimmt es in der Zukunft einen höheren Stellenwert ein.

### *Handlungsfelder*

- Der verbreitete Hochleistungsrechnereinsatz in der Industrie hat den Optimierungsbedarf in HPC-Workflows hervorgerufen.
- Eine einheitliche Architektur aus der organisatorischen sowie IT-technischen Sicht sollte angestrebt werden.
- Der Informationsfluss zwischen den beteiligten Systemen des HPC Ressource Monitoring von HPC-Systemen ist erforderlich für ein effektives Auftragsmanagement.
- Ressource Monitoring ist ebenso ein unverzichtbares Werkzeug für die Echtzeit-Überwachung der aktuell abgekoppelt laufenden Prozesse.
- Bessere Benchmark-Studien zur optimalen Hardware-Software-Kompatibilität werden von CAE-Vendoren sowie Hardware-Zulieferern angefordert.

## 7 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse der Studie "Integration von Hochleistungsrechnern im PLM-Umfeld". Im ersten Teil werden die Ziele der Studie anhand der Beschreibung des Stands der Technik verdeutlicht. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt und ein Architekturkonzept für die Integration des HPC in die Methoden und Werkzeuge zur Produktmodellierung vorgeschlagen.

Ergebnisse zeigen, dass Berechnungs-, Simulations- und Optimierungsaufgaben immer häufiger von Hochleistungsrechnern gelöst werden. Intensive Forschungsaktivitäten zielen hauptsächlich auf die Verwaltung von CAE-Daten ab. Jedoch ist ein einheitliches Integrationskonzept in den aktuellen Ansätzen nicht vorgesehen. Infolgedessen spielt die Einbindung der Hochleistungsrechner in den Produktentstehungsprozess eine essentielle Rolle im Produktlebenszyklus-Management.

Durch die Studie haben sich die Anforderungen an das Integrationskonzept herauskristallisiert. Die ersten Ansätze zur Architektur und zu Anwendungsszenarien konnten abgeleitet werden. Weiterführende Forschungsaktivitäten sind in der Entwicklung eines detaillierten Prozess- und Datenmodells durchzuführen.

**Im Rahmen dieser Studie sind folgende Veröffentlichungen erschienen:**

Anderl, R.; Yaman, O.; Malzacher, J.: *Architecture Proposal for the Process- and Data Integration of High Performance Computing Applications in PLM*, ProSTEP iViP Science Days, Integrated Engineering -From Patchwork to Network-, 25 - 26 September, Bremen, Germany, 2007.

Anderl, R.; Yaman, O.: *Architecture for the Integration of High Performance Computing Applications in PLM*, Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE, DETC2007-35185, September 04-07, Las Vegas, Nevada, 2007.

Anderl, R., Yaman, O.: *Integration of High Performance Computing Applications in the PLM-Landscape*, 13th International Conference on Concurrent Enterprising, "Concurrent Innovation: an emerging paradigm for Collaboration & Competitiveness in the extended Enterprise", June 04-06, Sophia-Antipolis, France, 2007.

## Literatur

- Anderl, Reiner. 2005.** PLM - Einführung, Übersicht, Normungsrelevanz. *Konferenzband der 34. Konferenz Normenpraxis*. Berlin : s.n., 2005.
- . **2006.** Produktdatentechnologie - C: Produkt- und Prozessmodellierung. *Skript zur Vorlesung*. Darmstadt : s.n., 2006.
- . **2006.** Produktdatentechnologie - B: Produktdatenmanagement. *Skript zur Vorlesung*. Darmstadt : s.n., 2006.
- . **2007.** Virtuelle Produktentwicklung - A: CAD-Systeme und CAx-Prozessketten. *Skript zur Vorlesung*. Darmstadt : s.n., 2007.
- Anderl, Reiner, et al. 2007.** Studie: Informationstechnologien im Anlagenbau. Darmstadt : s.n., 2007.
- Anderl, Reiner, Yaman, Orkun und Malzacher, Jens. 2007.** Architecture Proposal for the Process- and Data Integration of High Performance Computing Applications in PLM. *ProSTEP iViP Science Days*. 25-26. September 2007.
- Autosim.** Autosim. [Online] [Zitat vom: 07. 12 2007.] <http://www.autosim.org/>.
- Curry, Tom. 2003.** NAFEMS. [www.autosim.org/](http://www.autosim.org/). [Online] October 2003. [Zitat vom: 07. 12 2007.] [http://www.autosim.org/downloads/AUTOSIM\\_Deliverables/related\\_material/-business\\_benefits\\_of\\_simulation\\_-\\_tom\\_curry\\_-\\_nwc2003\\_.pdf](http://www.autosim.org/downloads/AUTOSIM_Deliverables/related_material/-business_benefits_of_simulation_-_tom_curry_-_nwc2003_.pdf).
- Dowd, Kevin und Severance, Charles R. 1998.** *High Performance Computing*. s.l. : O'Reilly, 1998.
- Geiger, Alfred. 2000.** *Höchstleistungsrechnen in den Ingenieurwissenschaften*. Stuttgart : Rechenzentrum Universität Stuttgart, 2000.
- Grieves, Michael. 2006.** *Product Lifecycle Management*. New York : McGraw-Hill, 2006.
- Gruber, K., et al. 2005.** CAE Data Management at AUDI. [Online] 2005. [Zitat vom: 07. 12 2007.] [http://www.mscsoftware.com/alpha/view\\_article.cfm?volume=5&articleId=15](http://www.mscsoftware.com/alpha/view_article.cfm?volume=5&articleId=15).
- Hägele, J., et al. 2000.** The CAE-Bench Project A Web-based System for Data, Documentation and Information to Improve Simulation Processes. [Online] 2000. [Zitat vom: 07. 12 2007.] <http://feadomain.com/request82.html>.
- iViP, ProSTEP.** ProSTEP iViP Association - SimPDM. [Online] [Zitat vom: 07. 12 2007.] <http://www.prostep.org/de/projektgruppen/simpdm/>.
- Krastel, Markus. 2002.** *Integration multidisziplinärer Simulations- und Berechnungsmodelle in PDM-Systeme*. s.l. : Shaker-Verlag, 2002. Dissertation, TU-Darmstadt.
- Krastel, Markus und Merkt, Thomas. 2004.** Integration of Simulation and Computation in a PDM Environment - the SimPDM Working Group. *ProduktDaten Journal*. 11 2004, Bd. 2, S. 8-9.

- Krastel, Markus und Tabbert, Peter. 2005.** Domänenübergreifendes integriertes Simulationsdatenmanagement. *ProduktDaten Journal*. 11 2005, Bd. 2, 11, S. 41-43.
- Panetto, Hervé, Pétin, Jean-François und Méry, Dominique. 2002.** Formalisation of Enterprise Modelling Standards using UML and the B Method. *Proceedings of the International Conference on Concurrent Enterprising*. Rome, Italy : s.n., 2002.
- Peak, Russel S. 2003.** Characterizing Fine-Grained Associativity Gaps: A preliminary Study of CAD-CAE Model Interoperability. *Proceedings of ASME 2003 IDET/CIE*. Illinois, USA : s.n., 2003.
- ProSTEP AG. 2005.** CAE Data Management Concept. [Online] November 2005. [Zitat vom: 06. 12 2007.] Darmstadt, Germany.
- Rangan, Ravi M. und Chadha, Bipin. 2001.** Engineering Information Management to Support Enterprise Business Processes. *Transactions of ASME*. March 2001, Bd. 1, S. 32-40.
- Rangan, Ravi M., et al. 2005.** Streamlining Product Lifecycle Process: A Survey of Product Lifecycle Management Implementations, Directions and Challenges. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. September 2005, Bd. 5, S. 227-238.
- Schnitger, M. 2003.** Digital Simulation to Meet Today's Product Development Challenges. *Technic paper DWP-019701*. [Online] 2003. [Zitat vom: 07. 12 2007.] [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/Images/wp\\_daratech\\_ford\\_tcm53-4322.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/wp_daratech_ford_tcm53-4322.pdf).
- SimDAT.** SimDAT Grid for Industrial Product Development. [Online] [Zitat vom: 07. 12 2007.] [http://www.scai.fraunhofer.de/about\\_simdat.html](http://www.scai.fraunhofer.de/about_simdat.html).
- Stark, John. 2005.** *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. s.l. : Springer, 2005.
- VIVACE.** VIVACE Project. [Online] [Zitat vom: 07. 12 2007.] <http://www.vivaceproject.com/>.

## Anhang: Fragebogen



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. Dr. –Ing R. Anderl  
FG Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)  
FB 16 Maschinenbau



Technische Universität Darmstadt  
Petersenstraße 30  
64287 Darmstadt

### Studie:

*„Integration von Hochleistungsrechnern  
im PLM-Umfeld“*

### Fragebogen zur Studie

Kontakt:  
Orkun Yaman, M.Sc.  
[yaman@dik.tu-darmstadt.de](mailto:yaman@dik.tu-darmstadt.de)  
Telefon: 06151 / 16 – 5441

Fragebogen

High Performance Scientific Computing im PLM-Umfeld

### Motivation zur Studie

#### 1.1 Problemstellung

Die integrierte Verwaltung der insbesondere während der Produktkonstruktion anfallenden Daten und laufenden Prozesse erfolgt immer verbreiteter durch die Produktdatenmanagementsysteme (PDM). Die aktuellen Forschungsaktivitäten zielen auf die Integration der Berechnungsdomäne mit bestehenden PDM-Systemen ab. Die Motivation liegt hierbei insbesondere an der steigenden Menge und Komplexität der in der CAE-Domäne verwalteten Daten. In diesem Zusammenhang treten die Hochleistungsrechner immer mehr in den Vordergrund und werden immer verbreiteter im industriellen Umfeld eingesetzt.

Die Komplexität und Heterogenität der HPC-Systeme und Netzwerkarchitekturen und die asynchronen und komplizierten Interaktionen zwischen Systemen und Komponenten der jeweiligen Anwendungen stellen variierende Anforderungen an die Nutzer, deren Erfüllung zeitaufwendige Arbeitsgänge der Berechnungsabteilungen verursachen.

Das Fachgebiet DiK sieht die Verwaltung von HPC-relevanten Berechnungsinformationen, -prozessen und -projekten zur Automatisierung komplexer Arbeitsprozesse, verbunden mit der Nutzung von HPC, Koordination und Synchronisation von unterschiedlichen Simulationsdisziplinen in heterogenen und verteilten Umgebungen und zur Einbeziehung externer Partner in die Simulations- und Berechnungsprojekte als ein informationsintensives Problem an, das den Einsatz von Informationsmanagementtools erfordert.

#### 1.2 Partner

Im Rahmen dieser Problemstellung befasst sich das Fachgebiet DiK mit der Evaluierung der Integrationsmöglichkeiten von HPC im PLM-Umfeld. Für die Entwicklung von Integrationskonzepten und möglichen Integrationsarchitekturen bildet die Analyse der Anwendungsszenarien den ersten Schritt zum integrierten HPC-Prozess. Die Studie wird von den Berechnungsabteilungen führender Automobilhersteller, CAE-Dienstleister und Vorendoren unterstützt.

#### 1.3 Fragebogen

Der vorliegende Fragebogen dient zur Erfassung des Ist-Zustandes des HPC in den Simulations- und Berechnungsabteilungen und zur Ermittlung der Anforderungen an die Funktionalitäten von HPC. Die Evaluierung wird vom DiK durchgeführt und dokumentiert. Die Analyseergebnisse werden in unternehmensneutraler Form in einem Bericht verfasst.

## 2 Unternehmen

In diesem Bereich werden die Informationen zum Unternehmen und zur Abteilung erfasst.

### 2.1 Unternehmensdaten

Name des Unternehmens	
Name der Abteilung	
Aufgabe der Abteilung (kurz formuliert)	
Anzahl der Mitarbeiter in der Abteilung	

### 2.2 Gesprächspartner im Unternehmen

Name	
Funktion	
Kontakt	Anschrift: _____
	_____
	_____
	E-Mail: _____
	Tel.: _____

Seite 2 von 20

## 3 Erfassung des Ist-Zustandes

### 3.1 Aufgabenbereiche

#### 3.1.1 Funktion der Abteilung

Aufgabenfeld der Ihrer Abteilung:
-----------------------------------

Beantworten Sie folgende Fragen in Bezug auf Hochleistungsrechner-Anwendungen.

Aufgaben der Konstruktion:	
Aufgaben der Berechnungsabteilung:	<input type="checkbox"/> Vernetzen
	<input type="checkbox"/> Comp. Fluid Dynamik
	<input type="checkbox"/> Comp. Struktur Mechanik
	<input type="checkbox"/> NVH
	<input type="checkbox"/> Crash
	<input type="checkbox"/> MKS
	<input type="checkbox"/> Optimierung
	<input type="checkbox"/> Multiphysik
	<input type="checkbox"/> Multidisziplinäre Berechn.
	andere:
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
Aufgaben der IT-Abteilung:	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

Seite 3 von 20



Fragebogen

High Performance Scientific Computing im PLM-Umfeld

**3.1.2 Verwendete Software**

Bitte beantworten Sie folgende Fragen in Bezug auf Hochleistungsrechner-Anwendungen.

<i>CFD:</i>	<input type="checkbox"/> Fluent <input type="checkbox"/> STAR-CD <input type="checkbox"/> ANSYS-CFX <input type="checkbox"/> Radioss-CFD <input type="checkbox"/> PAM-FLUID <input type="checkbox"/> LS-DYNA3D <input type="checkbox"/> FLOW3D andere: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<i>FEM:</i>	<input type="checkbox"/> ABAQUS <input type="checkbox"/> ANSYS <input type="checkbox"/> MSC.PATRAN/NASTRAN <input type="checkbox"/> LS-DYNA3D <input type="checkbox"/> IDEAS <input type="checkbox"/> HYPERWORKS andere Preprozessoren: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<i>MKS:</i>	<input type="checkbox"/> ADAMS <input type="checkbox"/> HYPERWORKS <input type="checkbox"/> SIMPACK andere: <input type="checkbox"/>
<i>Optimierung:</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Seite 4 von 20

Fragebogen

High Performance Scientific Computing im PLM-Umfeld

<i>Selbstentwickelte Software:</i>	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
<i>Falls Ja, was sind die Aufgaben der selbst entwickelten Software?</i>	<input type="checkbox"/> Vernetzen <input type="checkbox"/> Comp. Fluid Dynamik <input type="checkbox"/> Comp. Struktur Mechanik <input type="checkbox"/> NVH <input type="checkbox"/> Crash <input type="checkbox"/> MKS <input type="checkbox"/> Optimierung <input type="checkbox"/> Multiphysik <input type="checkbox"/> Multidisziplinäre Berechn. andere: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Seite 5 von 20

## 3.2 Kooperative Tätigkeiten der Abteilung

## 3.2.1 Formen der Kooperationen

Welche Formen der Zusammenarbeit finden in HPC-relevanten Projekten statt?	<input type="checkbox"/> CAE-Dienstleister
	<input type="checkbox"/> Kooperative Entw. Projekte
	<input type="checkbox"/> Abteilungsübergreifend
	<input type="checkbox"/> Standortübergreifend
	andere:
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

## 3.2.2 Datenverwaltung

Wie werden HPC-relevante Daten (Modelle / CAD / CAE Daten) in o. g. Kooperationsformen gehalten?	<input type="checkbox"/> Zentral		
	<input type="checkbox"/> Lokal		
	<input type="checkbox"/> Verteilt		
Wird bereits ein CAE-Datenmanagementsystem verwendet?	Im Unternehmen	Ja	Nein
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	In der Abteilung	Ja	Nein
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Bei Kooperationen	Ja	Nein
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 3.2.3 Datenaustausch in Kooperationen

Wie werden HPC-relevanten Daten in o. g. Kooperationsformen ausgetauscht?	<input type="checkbox"/> PDM / SDM
	<input type="checkbox"/> Dokumentenverwaltung
	<input type="checkbox"/> File System
	<input type="checkbox"/> Zentraler Server
	<input type="checkbox"/> Manuell / Absprache
	andere:
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

Seite 6 von 20

## 3.2.4 Zugriffsverwaltung für Anwender

Wie werden Zugriffsrechte der HPC-Umgebung verwaltet?	<input type="checkbox"/> Nach Projekten
	<input type="checkbox"/> Nach Abteilungen
	<input type="checkbox"/> Nach Fachgruppen
	<input type="checkbox"/> Nach Benutzern
	andere:
<input type="checkbox"/>	
Wie werden die Anfragen bzgl. Der Nutzung (neue Installationen, neue Benutzergruppen, Projekte etc.) angelegt?	

## 3.3 Prioritätenmanagement vs. Loadbalancing

Wie werden die projektbezogenen Prioritäten der Berechnungsaufträge verwaltet?	<input type="checkbox"/> Vermerken in Loadbalancing
	<input type="checkbox"/> Manuell/Absprache
	andere:
<input type="checkbox"/>	
Welche Parameter werden für Loadbalancing definiert?	
Welche Parameter werden für Load-leveling definiert?	
Welche der o. g. Parameter sind für andere Prozesse bzw. für Qualitätssteigerung des Modelllaufbauprozesses wichtig und könnten in einem TDM-System verwaltet werden?	

Seite 7 von 20

## 3.4 Wissensmanagement in der Qualitätssicherung der HPC-Nutzung

Gibt es interne Richtlinien, definierte Prozesse (z. B. bezüglich der Lastverteilung) für die HPC Umgebung?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn „ja“, beantworten Sie bitte folgende Fragen.	
Gibt es ein Best-Praxis-Dokument für die HPC-Nutzung, wie wird es gepflegt?	
Gibt es definierte Prozesse für die HPC-Nutzung (siehe 3.5.1)?	
Gibt es definierte Prozesse für die manuellen Arbeitsgänge?	

## 3.5 Auftragsabwicklung für Hochleistungsberechnungen

## 3.5.1 Requirement Management verbunden mit HPC

Wer entscheidet sich für eine Berechnung auf HPC?	<input type="checkbox"/> Abteilung Konstruktion <input type="checkbox"/> Abteilung Berechnung <input type="checkbox"/> Projektintern <input type="checkbox"/> Berechner andere: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Wie wird der Auftrag weitergeleitet?	<input type="checkbox"/> Absprache / E-Mail <input type="checkbox"/> Formulare <input type="checkbox"/> PDM <input type="checkbox"/> TDM <input type="checkbox"/> andere: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Seite 8 von 20

## 3.5.2 Aufträge / Formulare

Werden Informationen in Form von Parametern in einem HPC-Auftrag definiert.	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
---	--

Wenn „ja“, nennen Sie bitte diese und füllen Sie dabei zusammen mit Anhang 1 aus. Wenn es Wechselbeziehungen zwischen den genannten Formularen gibt, (z. B., Nr. 1 ist der Auslöser für Nr. 3 oder Ergebnis davon), nennen Sie bitte diese.

Name des Formulars / Auftrags: Lauf.-Nr. 1

Kontext, in dem das Formular verwendet wird:	
Gültigkeitsbereich:	<input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Extern

Name des Formulars / Auftrags: Lauf.-Nr. 2

Kontext, in dem das Formular verwendet wird:	
Gültigkeitsbereich:	<input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Extern

Name des Formulars / Auftrags: Lauf.-Nr. 3

Kontext, in dem das Formular verwendet wird:	
Gültigkeitsbereich:	<input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Extern

Name des Formulars / Auftrags: Lauf.-Nr. 1

Kontext, in dem das Formular verwendet wird:	
Gültigkeitsbereich:	<input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Extern

Seite 9 von 20

**3.6 Erfassung des HPC-Prozessablaufs**

Bitte unten stehende Felder zusammen mit Anhang 2 separat ausfüllen.

Aufgabenbereich: Lauf.-Nr. 1

Eine typische Aufgabenbeschreibung:	
Arbeiten mit	<input type="checkbox"/> internen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> externen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> andere:

Aufgabenbereich: Lauf.-Nr. 2

Eine typische Aufgabenbeschreibung:	
Arbeiten mit	<input type="checkbox"/> internen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> externen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> andere:

Aufgabenbereich: Lauf.-Nr. 3

Eine typische Aufgabenbeschreibung:	
Arbeiten mit	<input type="checkbox"/> internen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> externen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> andere:

Aufgabenbereich: Lauf.-Nr. 4

Eine typische Aufgabenbeschreibung:	
Arbeiten mit	<input type="checkbox"/> internen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> externen Partnern/Abteilungen <input type="checkbox"/> andere:

Seite 10 von 20

**3.7 Architektur****3.7.1 Kennwerte der HPC-Umgebung**

System	<input type="checkbox"/> Parallel <input type="checkbox"/> Verteilt
Cluster:	Anzahl der Knoten: Anzahl der Prozessoren:
Kommunikation	<input type="checkbox"/> Message Passing <input type="checkbox"/> Shared Memory
Computation Modell	<input type="checkbox"/> Funktion Parallel <input type="checkbox"/> Data Parallel
Rechnertyp	
Betriebssystem	
Batch-System	<input type="checkbox"/> Loadleveler: <input type="checkbox"/> Monitoring:
Leistung	Prozessortyp: Taktzahl: Peakperformanz: Bandbreite des Netzwerks: Übertragungsrate: Latenzzeiten:

Seite 11 von 20

### 3.7.2 Systemarchitektur

Zeichnen Sie bitte unten die Systemarchitektur Ihrer HPC Umgebung.

Seite 12 von 20

## 4 Selbsteinschätzung

Bitte machen Sie Angaben zu folgenden möglichen Problemen beim HPC-Einsatz (von 1=unproblematisch bis 4=problematisch):

Asynchrone Anwendung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Manuelles Loadbalancing	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Manuelle Priorisierung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Manuelle Informationsbeschaffung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Zeitlicher Aufwand	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Fehleranfälligkeit der Nacharbeit.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

Seite 13 von 20

## 5 Zielvorstellung

Welche Funktionalitäten würden Sie sich wünschen, die die aktuelle Arbeitsmethode nicht unterstützt?	
Wo fühlen Sie sich durch die aktuelle Arbeitsmethode behindert?	
Welche Funktionalitäten sollen automatisiert werden?	
Wenn die Frage unter 3.4 mit „Nein“ beantwortet wurde, welche Prozesse sind aus Ihrer Sicht nötig, um auf Wissensbasis verwaltet zu werden?	

Seite 14 von 20

## 6 Anhang-1 Aufträge/Formulare

### 6.1 Formular 1

Wer / Welche Abteilung füllt das Formular aus?	
An wen / an welche Abteilung richtet sich das Formular?	
Informationen, die durch das Formular kommuniziert werden	<input type="checkbox"/> Aufgabenbeschreibung <input type="checkbox"/> Termine <input type="checkbox"/> Kostenstellen <input type="checkbox"/> Daten <input type="checkbox"/> Parameter <input type="checkbox"/> Zuständigkeiten <input type="checkbox"/> CAD – Modellinformationen <input type="checkbox"/> Software <input type="checkbox"/> andere <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Weitere Beschreibung:	

Seite 15 von 20

## 7 Anhang-2 Prozessablauf

### 7.1 Prozessablauf 1

Zeichnen Sie bitte ein Diagramm, welches den Prozessablauf, die beteiligten Abteilungen, Organisationen und die Datenflüsse während der Bearbeitung der Abgabe veranschaulicht.

